

УДК 621.83

ОСОБЕННОСТИ ОТОБРАЖЕНИЯ УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ ЭЛЕМЕНТОВ СТРУКТУРНЫХ СХЕМ МЕХАНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Собко И. В., Войтенко И. В.

Научные руководители – доцент Мерко М. А., доцент Митяев А. Е.

Сибирский федеральный университет, г. Красноярск

Достоверность результатов решения задач структурного анализа и синтеза напрямую зависит от точности отображения условных обозначений элементов структурных схем механических систем. Анализ содержания соответствующих литературных источников, используемых в образовательном пространстве высшими учебными заведениями как центральных, так и региональных изданий показывает наличие не всегда правильно представленных условных обозначений (схем) элементов структурных схем механических систем (рис. 1, *а*), что отражается на качестве подготовки будущих инженеров, бакалавров и магистров. Рассмотрим более подробно данную проблему на примере изображения условных обозначений (схем) низших кинематических пар (рис. 1 – 3).

Условные обозначения (схемы) поступательной кинематической пары пятого класса, образованной совокупностью проекций звеньев i и j на координатную плоскость XOY , приводятся в литературных источниках в видах, представленных на рис. 1, *а*, *з*, *д*. Однако, такие условные изображения не дают однозначного представления о том, какому из звеньев i или j принадлежит прямоугольник. При этом в случае (рис. 1, *а*) не позволяют определить параллельно какой оси X или Y должно совершаться поступательное движение.

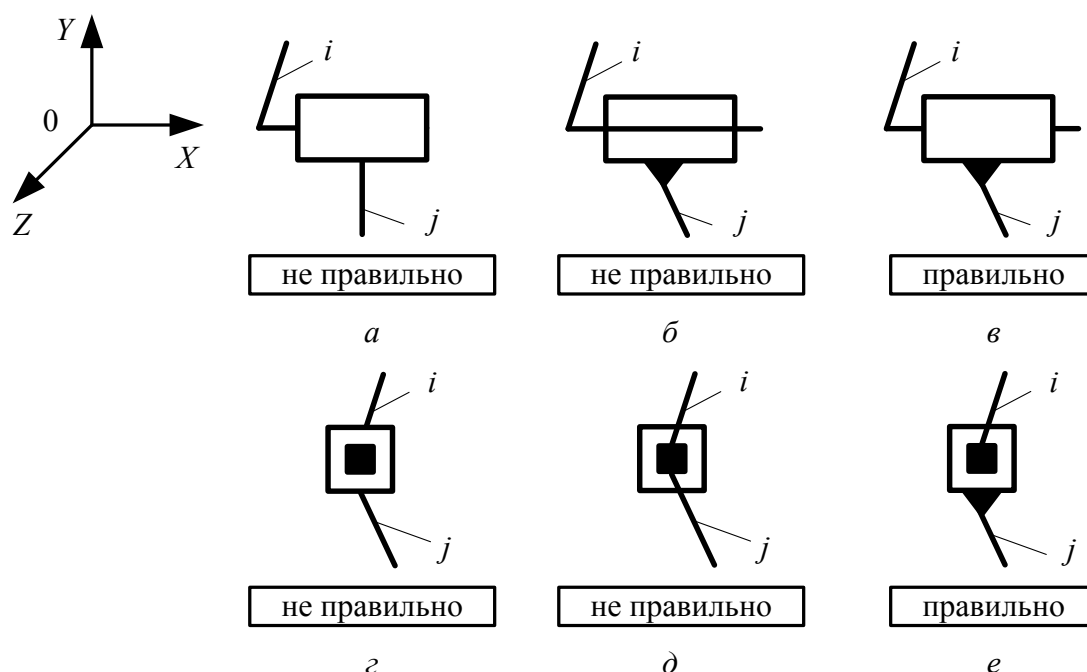


Рисунок 1

Исключить выявленные недостатки возможно посредством добавления к условному обозначению (схеме) поступательной кинематической пары треугольника с черной заливкой (рис. 1, *в*, *е*). В этом случае, очевидно, что прямоугольник принадлежит звену j , а в случае, представленном на рис. 1, *а* звенья i и j могут

совершаться поступательные движения только параллельно горизонтальной оси X (рис. 1, ϵ). В тоже время, прямоугольник изображаться с белой заливкой. Пересечение этой фигуры прямыми линиями, изображающими звенья, не допустимо (рис. 1, δ), так как поступательная кинематическая пара образована посредством взаимодействия наружной поверхности звена i с поверхностью отверстия прямоугольной формы звена j .

Вращательная и цилиндрическая кинематические пары соответственно пятого и четвертого классов изображаются при помощи условных обозначений (схем), образованных совокупностью проекций звеньев i и j на координатные плоскости XOY (рис. 2, $a - \epsilon$). Анализ подобных условных обозначений показывает, что звенья i и j рассматриваемых кинематических пар должны обладать возможностью совершения вращательных движений вокруг оси Z . Однако условные изображения (схемы) приводимые в таком виде (рис. 2, $\delta - \epsilon$) не дают однозначного представления о том какому из звеньев i или j принадлежит внешняя окружность. В тоже время в случае (рис. 2, a) непонятно, какой представлен вид соединения, так как окружность с черной заливкой указывает на существование неподвижного соединения звеньев i и j , следовательно, кинематическая пара в этом случае не существует.

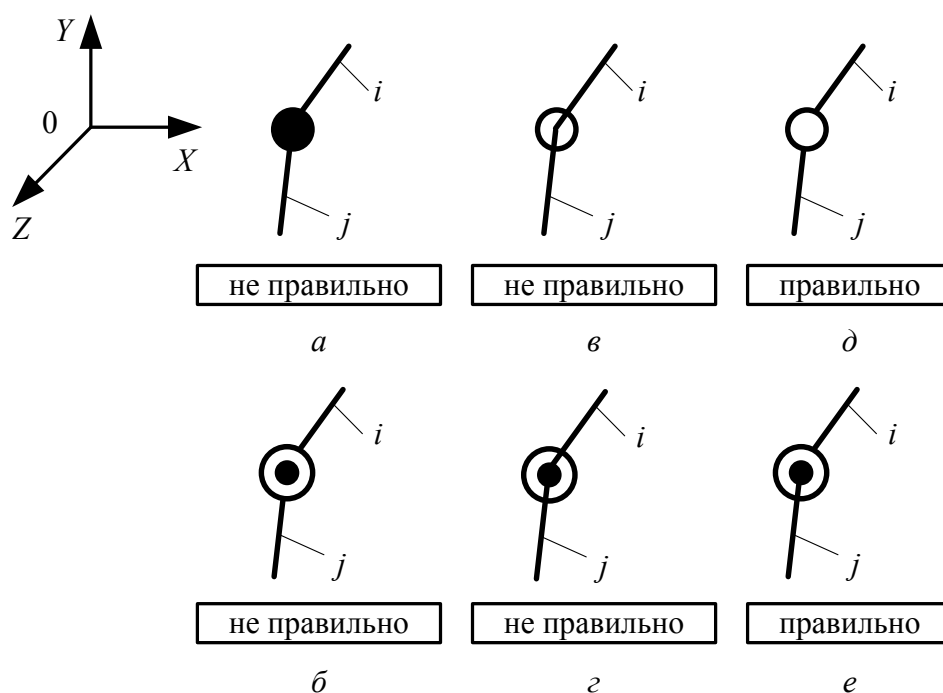


Рисунок 2

Обозначение подвижного соединения для обоих рассматриваемых видов кинематических пар должно сопровождаться окружность с белой заливкой (рис. 2, d, e). Пересечение этой окружности с прямыми линиями, изображающими звенья вращательной кинематической пары, не допустимо (рис. 2, v), так как этот вид кинематических пар образован посредством взаимодействия наружной поверхности звена i с поверхностью отверстия круглой формы звена j . Расположение в нутрии окружности каких-либо черных точек или прямых может привести к искажению реальной действительности. В этом случае вращательную кинематическую пару пятого класса (рис. 2, b, v) можно перепутать с цилиндрической кинематической парой четвертого класса (рис. 2, e). Это приведет к неверному результату, получаемому при решении задачи структурного анализа механической

системы, в структурной схеме которой будет использовано подобное условное обозначение (схема) кинематической пары. Приведенные недостатки можно исключить, представив условные обозначения (схемы) вращательной и цилиндрической кинематических пар соответствующих классов в видах, данных на рис. 2, *д*, *е*.

В литературных источниках встречаются условные изображения (схемы) вращательной и цилиндрической кинематических пар, образованных звенья i и j совершающими вращательные движения вокруг оси X (рис. 3, *а*, *б*). Анализ данных условных обозначений (схем) рассматриваемых видов кинематических пар показывает наличие недостатков представленных изображений, которые можно исключить посредством введения в условные обозначения (схемы) треугольника с черной заливкой и дополнительной прямой линии, расположенной ниже оси X (рис. 3, *в*, *г*). Вертикальные прямые линии, содержащиеся в условном обозначении (схеме) вращательной кинематической пары пятого класса (рис. 3 *а*, *в*), являются условным обозначением ограничений запрещающих поступательные движения звеньев i и j параллельно оси X . При отсутствии данных вертикальных прямых линий поступательные движения звеньев i и j параллельно оси X являются разрешенными, а условное обозначение (схема) соответствует цилиндрической кинематической паре четвертого класса (рис. 3, *г*).

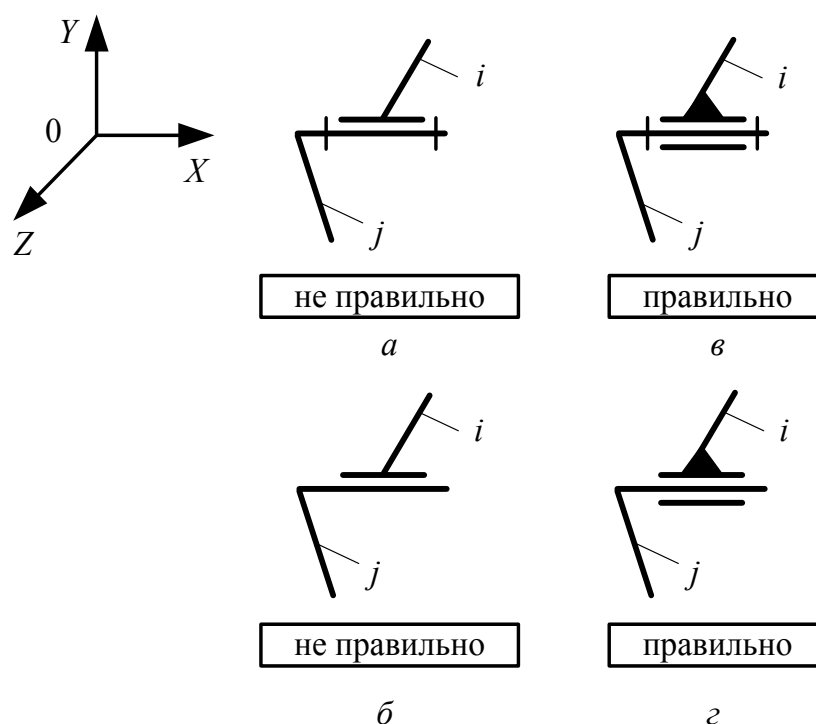


Рисунок 3

Покажем влияние выявленных недостатков, содержащихся в условных обозначениях (схемах) рассмотренных видов кинематических пар, на достоверность результата структурного анализа механических систем на примере зубчатого цилиндрического механизма (рис. 4, *а*). Структура рассматриваемого механизма реализована одной простой замкнутой кинематической цепью, образованной совокупностью одного условно неподвижного звена (стойка 0), двух подвижных звеньев, являющихся проекциями зубчатых цилиндрических колес с внешними

зубьями на координатную плоскость XOY , и трех кинематических пар, пятого и четвертого классов. Однако анализ структурной схемы в виде, данном на рис. 4, *а* указывает на наличие зубчатой кинематической пары 1 – 2 четвертого класса и двух кинематических пар 0 – 1 и 3 – 0, обладающих схожими свойствами и являющимися цилиндрическими парами четвертого класса (рис. 3, *з*).

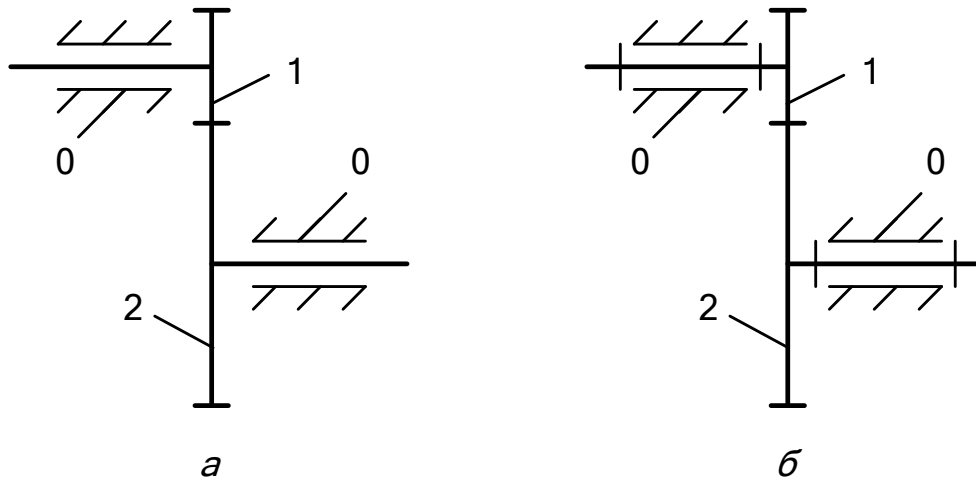


Рисунок 4

В результате имеем $n = 2$, $p_5 = 0$, $p_4 = 3$. Подставив выявленные значения коэффициентов в структурную формулу Чебышева, будем иметь

$$W = 3 \cdot n - 2 \cdot p_5 - p_4 = 3 \cdot 2 - 2 \cdot 0 - 3 = 6 - 0 - 3 = 3.$$

Анализ полученного результата показывает, что для однозначного определения возможных положений всех звеньев данного механизма на координатной плоскости XOY необходимы три обобщенные координаты. В этом случае для дальнейшего решения задач разделов кинематика и динамика, помимо размеров звеньев, должны быть известны три угла, определяющих расположение проекций звеньев механизма относительно осей трехмерной системы координат $OXYZ$. В тоже время очевидно, что механизм, структурная схема которого представлена на рис. 4, *а* является плоским и обладает степенью подвижности равной единице. Получение ошибочного результата есть следствием наличия в структурной схеме механизма искаженных (неточных) условных обозначений (схем) кинематических пар 0 – 1 и 3 – 0, которые в действительности является вращательными парами пятого класса. Исправить имеющую место ситуацию возможно с помощью структурной схемы механизма представленной на рис. 4, *б*. В этом случае число подвижных звеньев не меняется, а коэффициенты будут равны $n = 2$, $p_5 = 2$, $p_4 = 1$. В результате получим

$$W = 3 \cdot n - 2 \cdot p_5 - p_4 = 3 \cdot 2 - 2 \cdot 2 - 1 = 6 - 4 - 1 = 1.$$

Результат соответствует реальным свойствам, которыми обладает механизм подобного вида.

Вывод: Рассмотренные примеры показывают влияние на точности отображения условных обозначений элементов структурных схем механических систем на достоверность результата структурного анализа.